

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р
С И Б И Р С К О Е О Т Д Е Л Е Н И Е
И Н С Т И Т У Т Г Е О Г Р А Ф И И

На правах рукописи

СОКОЛОВ ВАДИМ ИЛЬИЧ

УДК 556.1:628.3

ФОРМИРОВАНИЕ БОКОВОЙ ПРИТОЧНОСТИ И ЕЕ
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАССЕЙНОМ РЕКИ СЫРДАРЬИ

11.00.07 Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Иркутск - 1991

Работа выполнена в Научно-производственном объединении
Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации
имени В.Д. Журина

Научный руководитель: лауреат Государственной премии УзССР
им. Беруни, премии Совета Министров СССР,
доктор технических наук,
старший научный сотрудник
ДУХОВНЫЙ В.А.

Научный консультант: кандидат технических наук, доцент
ПРОХОРЕНКО Н.И.

Официальные оппоненты: доктор географических наук,
профессор, член-корреспондент АН СССР
ДРУЖИНИН И.П.

кандидат географических наук
НАПРАСНИКОВ А.Т.

Ведущая организация: Институт водных и экологических
проблем СО АН СССР

Защита диссертации состоится " 4 " декабря 1991 года
в 14 часов на заседании специализированного Совета
Д-002.60.02 при Институте географии СО АН СССР по адресу:
664033, г. Иркутск, ул. Уланбаторская, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
географии СО АН СССР.

Автореферат разослан " 19 " октября 1991 года

Ученый секретарь
специализированного Совета,
кандидат географических наук



Е. Суворов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О первоочередных мерах по улучшению использования водных ресурсов в стране" (1988 г.) значительная роль отводится научно-техническому прогрессу в использовании воды для повышения продуктивности орошаемого земледелия. Одним из наиболее эффективных средств снижения непродуктивных потерь стока является повышение качества управления водными ресурсами за счет внедрения автоматизированных систем управления речными бассейнами (АСУБ).

На качество функционирования АСУБ отрицательно влияет отсутствие надежных методов долгосрочного прогноза элементов стока. В связи с этим большое научное и практическое значение приобретает разработка доступных для инженерной практики и в то же время надежных методов долгосрочного прогноза водных ресурсов речных бассейнов по отдельным их составляющим. Во истину - "хорошо управлять - значит надежно и с достаточной заблаговременностью предвидеть..." к)

Цель и задачи исследования. Цель работы - разработка и обоснование методики прогноза боковой приточности в водохозяйственных районах бассейна р. Сырдарья с заблаговременностью один год. Для ее достижения были поставлены и решены следующие основные задачи:

- исследованы условия и закономерности формирования боковой приточности в водохозяйственных районах бассейна;
- обоснована методика прогноза боковой приточности по ее генетическим составляющим;
- дан прогноз боковой приточности по генетическим составляющим для лет различной водности;
- обоснованы принципы управления боковой приточностью при водохозяйственном планировании АСУБ.

к) Дружинин И.П. Долгосрочный прогноз и информация. - Новосибирск: Наука, 1987, с.4

Методология и методика исследования. Методологической основой исследования являются системный подход, обобщение обширного материала гидрологических изысканий с использованием новейших проработок в области географии, гидрологии, гидрогелогии, метода воднобалансовых расчетов, регрессионного анализа.

В работе широко использованы данные Госкомгидромета УзССР, САИИИ им. В. А. Бугаева, институтов "Средазгипроводхлопок", "Узгипроводхоз", САИИИРИ, министерств мелиорации и водного хозяйства УзССР, КиргССР, ТаджССР, КазССР, НИИО "Узбекгидрогеология" и других организаций.

Объектом исследования являются источники водных ресурсов по водохозяйственным районам (ВХР) бассейна, принятые в Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Сырдарья (рис. I):

- I. Верховья р. Парыи,
- II. Ферганская впадина,
- III. Среднее течение,
- IV. Чирчик-Ахангаран-Келесский ирригационный район (ЧАКИР).

На защиту выносятся:

- методика прогноза генетических составляющих боковой приточности с заблаговременностью один год;
- метод оценки сокращения поверхностного стока при эксплуатации подземных вод, связанных с речным стоком;
- основные и локальные принципы управления боковой приточностью при водохозяйственном планировании АСУБ.

Научная новизна исследования. Применительно к бассейну р. Сырдарья:

- а) впервые разработана методика прогноза отдельных составляющих боковой приточности с заблаговременностью один год;
- б) построены алгоритмы и созданы программы в системе ОС ЕС ЭВМ прогноза для целей АСУБ коллекторно-дренажных вод и руслового выклинивания;
- в) получены численные значения времени рекуперации (сдвиги во времени) между водозабором на орошение и коллекторно-дренажным стоком для ВХР бассейна р. Сырдарья;
- г) предложены региональные способы оценки величины сокращения поверхностного стока при эксплуатации подземных вод че-

рез сокращение величины руслового выклинивания.

Практическая ценность диссертации и внедрение результатов работы. Полученные результаты служат основой для разработки прогнозов боковой приточности при планировании работы водохозяйственного комплекса бассейна в условиях функционирования АСУБ.

Основные результаты исследования использованы лабораторией научно-технического прогнозирования ИПО САНИИРи при разработке и внедрении задач подсистемы "Водные ресурсы" АСУБ Сырдарьи в промышленную эксплуатацию. Имеется соответствующая справка о внедрении законченной научно-исследовательской работы в Бассейновом водохозяйственном объединении "Сырдарья". Экономический эффект от внедрения результатов исследования составил 175 тысяч рублей.

Отдельные результаты послужили основой "Рекомендаций по методике расчета объема коллекторно-дренажного стока на предстоящий год" (утверждены Минводхозом УзССР в 1990 г.).

Апробация работы и публикации. Основные результаты исследования изложены в 9 научных публикациях. Отдельные положения были доложены на научных конференциях молодых ученых и специалистов: в КазНИИВХ, г.Джамбул, 1983 г.; в ИВН АН СССР, г.Москва, 1986 г.; в ГрузНИИГиме, г.Тбилиси, 1987 г.; во ВНИИГиме, г.Москва, 1987 г.; на научно-техническом семинаре по моделированию гидрогеологических процессов в г.Новосибирске, 1984 г.; на научно-практической конференции по рациональному использованию и охране ресурсов малых рек в г.Таллинне, 1985 г.; на научном семинаре по использованию подземных вод на орошение в г.Баку, 1986 г.; на секции Водного хозяйства и АСУ Ученого Совета САНИИРи, г.Ташкент, 1988 г.; на расширенном семинаре лаборатории гидрологии, гляциологии и региональной климатологии Института географии СО АН СССР, г.Иркутск, 1990 г.

Логика и структура диссертации подчинена решению поставленных в ней задач.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения в форме кратких выводов и предложений. Общий объем 157 страниц машинописного текста, иллюстрированного 9 рисунками и 13 таблицами. Список литературы включает 94 наименования, имеются 2 приложения.

Данные исследования были вызваны тем, что создаваемая автоматизированная система управления бассейном р.Сырдарья требовала получения прогнозов водных ресурсов с заблаговременностью один год. Госкомгидромет дает прогнозы, в частности, боковой приточности в бассейне р.Сырдарья, только на вегетационный период. Кроме того, учет качества водных ресурсов на стадии 2 очереди АСУБ требовал прогнозирования боковой приточности по ее генетическим составляющим, поскольку возвратные воды - главный загрязнитель вод бассейна.

В диссертации решены вопросы прогноза количества возвратных вод заблаговременностью один год. Рассмотрены вопросы управления возвратными водами с учетом их качества.

Основная ценность разработок диссертации - внедрение в практику: все расчетные алгоритмы использованы в I очереди АСУБ Сырдарьи.

ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ ПРЕДМЕТ ЗАЩИТЫ

I. Методика прогноза генетических составляющих боковой приточности с заблаговременностью один год

В результате гидромелиоративного строительства бассейн р.Сырдарья (рис. I) превратился в сложную водохозяйственную систему (ВХС). При норме стока рек бассейна 37,1 кубкм/год полезный объем построенных здесь водохранилищ составляет 26,7 куб.км. Площадь орошаемых земель до Чардаринского водохранилища на уровне 1985 г. составляла 2510 тыс.га. Здесь сосредоточено более 50 % промышленного производства Средней Азии.

К 1982 г.поверхностные водные ресурсы бассейна достигли уровня полного использования. В бассейне широко используются эксплуатационные запасы подземных вод, среднегодовой отбор которых к 1985 г. достиг 7,9 куб.км.

Проведенный анализ показал, что отсутствие постоянного единого централизованного управления бассейном сказывается на недостаточной увязке бассейновых возможностей с территориальным водопотреблением. Для дальнейшего развития народного хозяйства в условиях дефицита воды эффективным средством является повышение качества управления зарегулированным стоком с

Рис. 1. СХЕМА
 бассейна р. Сыр-дарьи
 Административное деление и водо-
 хозяйственные районы



помощью АСУБ. Повысить качество управления ВХС речного бассейна возможно за счет разработки надежных методов прогноза его водных ресурсов.

В свою очередь, достоверность прогнозов водных ресурсов повышается членением их на отдельные генетические составляющие. Такой подход принят при разработке методики прогноза боковой приточности по водохозяйственным районам бассейна р.Сырдарья для целей АСУБ.

В гидрологии под боковой приточностью понимается приток в реку с части водосбора, заключенного между двумя створами. Основываясь на общеизвестном уравнении руслового баланса для участка реки, принято, что боковая приточность U_b представляет собой сумму следующих элементов руслового баланса:

$$U_b = U_{uc} + U_{kd} \pm U_{puc} \quad (1)$$

где: U_{uc} - устьевые сбросы боковых притоков, определяемые по данным измерений Госкомгидромета; U_{kd} - коллекторно-дренажные воды, поступающие в основной ствол на рассматриваемом участке, учитываемые гидрометрической службой республиканских Минводхозов; U_{puc} - подземная составляющая, выклинивающаяся в русло реки как в естественную дренаж (несет в себе погрешность расчетов). В дальнейшем будем называть эту величину русловым выклиниванием или потерями (в зависимости от знака).

Для исследования русловых балансов по ВХР бассейна р.Сырдарья использовался весь багаж гидрометрических данных, которыми сегодня располагают водохозяйственные организации и службы, а также данные экспедиции САИИРИ, исследовавшей в 1983-1985 гг. русловой баланс на участке р.Нарын от Токтогульской ГЭС до Учкуртана.

Анализ русловых балансов показал, что под воздействием интенсивной хозяйственной деятельности во всех ВХР бассейна изменилась структура боковой приточности. До 40-х годов объем боковой приточности почти полностью состоял из устьевых сбросов притоков и руслового выклинивания. В современных условиях объем боковой приточности в пределах Ферганской впадины состоит на 60 % из коллекторно-дренажных вод и на 40 % - из руслового выклинивания. Лишь в отдельные периоды до основного ствола доходят воды боковых рек в виде паводковых селей.

В ЧАКИРе около 50 % боковой приточности составляет русловое выклинивание, 40 % – коллекторно-дренажные воды и 10 % – сток мелких рек и периодически действующих естественных водотоков. В пределах среднего течения боковая приточность состоит на 45 % из коллекторно-дренажных вод, 40 % – сброса речных вод из ЧАКИРа и 15 % – руслового выклинивания.

При разработке алгоритмов и программного обеспечения задачи прогнозирования боковой приточности для подсистемы "Водные ресурсы" АСУБ Сырдарьи были исследованы особенности и закономерности формирования генетических составляющих боковой приточности в каждом ВХР бассейна.

Коллекторно-дренажные воды являются возвратными водами антропогенного происхождения, поверхностная составляющая которых формируется за счет вод, сбрасываемых с поливных и проливных участков оросительных систем, аварийных сбросов из ирригационной сети и потерь оросительных вод при эксплуатации гидротехнических сооружений, а также сбросов в коллектора части вод, откачиваемых скважинами вертикального дренажа.

Подземная составляющая образуется в результате инфильтрации оросительных вод из каналов и на сельскохозяйственных полях. Профильтровавшиеся воды, подпитывая грунтовые, частично или полностью выклиниваются в коллекторно-дренажную сеть.

Во всех исследуемых водохозяйственных районах проявляется довольно сильная теснота связи между коллекторно-дренажным стоком и водозабором. Имеется ярко выраженный временной тренд в стоке коллекторно-дренажных вод, определяемый повышением коэффициента земельного использования на фоне интенсивного строительства дренажа. Кроме того, сток коллекторно-дренажных вод неодинаков в годы различной водообеспеченности при прочих равных условиях.

Исследование особенностей формирования руслового выклинивания показало, что величина его зависит главным образом от соотношения высотного положения уровня воды в реке и грунтовых вод на окружающей территории. Изменчивость этого соотношения обусловлена как естественными, так и антропогенными факторами.

К естественным факторам относится водособеспеченность территории в текущем и предшествующем годах. В многоводные годы происходит подпитка влаговмещающих пород поймы вследствие повышения уровня воды в реке. В следующее за этим маловодье происходит обратный процесс.

Проявление антропогенных факторов, оказывающих влияние на величину руслового выклинивания, обусловлено:

- повышением уровня грунтовых вод вследствие орошения на фоне понижения уровня воды в реке из-за увеличения изъятия стока
- подпором грунтовых вод в зоне действия крупных водохранилищ;
- понижением уровня грунтовых вод вследствие строительства дренажа;
- отбором подземных вод из горизонтов, связанных с руслом реки.

Первые два фактора увеличивают объем руслового выклинивания в реку, последние - наоборот, уменьшают.

В масштабах крупной гидрологически замкнутой территории эксплуатация подземных вод уменьшает поверхностный сток, что подтверждается исследованиями гидрогеологов (Минкин Е.Л., Мирзаев С.Ш., Шерфединов Л.З. и др.). При этом сокращение поверхностного стока равно уменьшению подземного питания реки вследствие сбора подземных вод на подкомандной территории, т.е. русловое выклинивание играет роль связующего звена между поверхностными и подземными водами.

На основании исследования особенностей и закономерностей формирования двух основных генетических составляющих боковой приточности для каждого водохозяйственного района бассейна р.Сырдарья получены регрессионные уравнения для их прогнозирования заблаговременностью один год, которые положены в основу алгоритмов решения соответствующих задач подсистемы "Водные ресурсы" АСУБ.

Для прогноза коллекторно-дренажного стока получено уравнение регрессии:

$$У_{kd(t,t)} = K_1 \cdot X_{kd(t)} + K_2 \cdot (X_{op(t-t)} + X_{or(t+1-t)}), \quad (2)$$

где $У_{kd}$, X_{kd} - среднемесячные расходы коллекторно-дренажных вод; X_{op} - то же, водозабора на орошение; t - индекс месяца

($t = I + I_2$; K_1, K_2 — коэффициенты регрессии; M — сдвигка во времени между водозабором и коллекторно-дренажным стоком ($M = I + I_2$)).

Очевидно, что величина M является интегральной характеристикой конкретного ВКР. По сути — это промежуток времени с момента учета водозабора из источника до момента учета коллекторно-дренажного стока, т.е. время добегания воды. За это время вода, забираемая из источника, протекает по каналам всех порцков (включая и временные оросители), трансформируется на орошаемом поле в дренажный сток, который совместно со сбросными водами поступает в коллекторно-дренажную сеть. Предложено называть эту величину "временем рекуперации" — от латинского

RECUPERATIO — обратное частичное получение вещества для повторного использования в том же технологическом процессе.

Величина времени рекуперации зависит от особенностей гидрографии конкретного водохозяйственного района, степени искусственной и естественной дренированности. Последняя, в свою очередь, зависит от расчлененности рельефа, его уклонов и фильтрационных свойств пород. Подробное рассмотрение гидрогеологических условий и особенностей расположения мелиоративных систем в исследуемых ВКР указывает на правомерность нашей трактовки физического смысла времени рекуперации.

Так, например, Дальверзинский массив среднего течения размещен в зоне транзита потоков грунтовых вод Мирзаявской межгорной впадины. Нижняя часть массива расположена на плоской равнине третьей надпойменной террасы р.Сырдарья, сложенной четвертичными аллювиальными отложениями с водоупором на глубине 250–300 м. Средняя мощность водоносного пласта в нижней зоне составляет около 200 м, коэффициент фильтрации $K_f = 30 + 50$ м/сут, коэффициент водоотдачи грунта $\mu = 0,12$. В этой зоне сооружена система горизонтального дренажа с коллекторами, отводящими инфильтрационные воды в р.Сырдарья. Расстояние между коллекторами в среднем составляет около 1200 м.

Верхняя часть Дальверзинского массива расположена на предгорной аллювиально-пролювиальной равнине слившихся конусов выноса перидельческих действующих водотоков. Величина коэффициента фильтрации в этой зоне составляет $10 + 30$ м/сут, коэффициент водоотдачи грунта $\mu = 0,12$, средняя мощность водоносного пласта равна 150 м.

Верхнюю зону от нижней отсекает система вертикального дренажа из более, чем 100 скважин. Вода, откачиваемая этими скважинами, по коллекторам отводится в р.Сырдарью.

Несложные гидрогеологические расчеты показали, что величина времени рекуперации для Дальверзинского массива не превышает 15 суток, что согласуется с результатами расчетов коэффициентов регрессионного уравнения (2) - 0 месяцев (табл. I). В последнем случае шаг итерации величины m при расчетах исчисляется в целых месяцах.

Для Голодностепского района среднего течения время рекуперации составляет 11 месяцев (табл. I). Объясняется это тем, что район занимает "глухую" зону погружения и рассеивания грунтовых потоков. Коэффициент фильтрации пород в среднем составляет 0,5 м/сут, уклоны потока грунтовых вод не превышают величины 0,002-0,003. Уровень грунтовых вод практически стабилен в годовом и многолетнем разрезе, что характерно для грунтовых вод застойного типа.

В ЧАКИРе процесс рекуперации растянут на 8 месяцев, в Ферганской впадине - на 7 месяцев (табл. I). Объяснить это можно масштабностью данных ВХР, распластанностью орошаемых массивов на большой территории. Здесь районы с интенсивной дренированностью перемежаются с территориями со слабой дренированностью.

В пределах ВХР верховьев р.Нарын коллекторно-дренажные воды не формируются.

Т а б л и ц а I
Расчетные значения коэффициентов уравнения регрессии для
прогноза коллекторно-дренажного стока

Водохозяйственный район	Расчетный период	Значения коэффициентов				
		K_1	K_2	m	R	$G, \text{м}^3$
Ферганская впадина	1956-1983	0,911	0,014	7	0,866	27,1
Ч А К И Р	1954-1983	0,923	0,004	8	0,861	10,6
Голодная степь	1950-1983	0,800	0,028	11	0,913	18,8
Дальверзинская степь	1950-1983	0,844	0,027	0	0,796	5,18

Для прогноза величины руслового выклинивания получены многофакторные регрессионные уравнения, где искомая величина $U_{рус(t)}$ является функцией четырех независимых параметров:

$X_{1(t)}$ – поверхностного притока в расчетном году;

$X_{1(t-1)}$ – то же, в предшествующем году;

$X_{оп(t)}$ – водозабора на орошение из поверхностных вод;

$X_{отб(t)}$ – отбора подземных вод.

Конечный вид уравнений для каждого ВХР получен на основе отсева из полной квадратичной модели статистически незначимых по t – критерию Стьюдента эффектов:

– Верховья Шарина:

$$U_{рус(t)} = 0,14 \cdot X_{1(t)} - 0,031 \cdot X_{1(t-1)} - 0,00025 \cdot X_{1(t)}^2; \quad (3)$$

Коэффициент множественной корреляции $R = 0,90$; стандартная ошибка зависимого параметра $\sigma = 2,38 \text{ м}^3/\text{с}$;

– Урганская впадина:

$$\begin{aligned} U_{рус(t)} = & 0,56 \cdot X_{1(t)} + 0,29 \cdot X_{1(t-1)} + 2,18 \cdot X_{оп(t)} - 2,16 \cdot X_{отб(t)} + \\ & + 0,0006 \cdot X_{1(t)}^2 - 0,0003 \cdot X_{1(t)} \cdot X_{1(t-1)} - 0,0026 \cdot X_{1(t)} \cdot X_{оп(t)} + \\ & + 0,0031 \cdot X_{1(t)} \cdot X_{отб(t)} - 832; \end{aligned} \quad (4)$$

$R = 0,75$; $\sigma = 23,1 \text{ м}^3/\text{с}$;

– Среднее течение:

$$\begin{aligned} U_{рус(t)} = & -0,416 \cdot X_{1(t)} - 0,045 \cdot X_{1(t-1)} + 2,05 \cdot X_{оп(t)} - \\ & - 0,386 \cdot X_{отб(t)} + 0,0004 \cdot X_{1(t)}^2 - 300; \end{aligned} \quad (5)$$

$R = 0,79$; $\sigma = 15,2 \text{ м}^3/\text{с}$;

– Ч А К И Р:

$$\begin{aligned} U_{рус(t)} = & -0,465 \cdot X_{1(t)} - 0,197 \cdot X_{1(t-1)} + 2,13 \cdot X_{оп(t)} - \\ & - 0,461 \cdot X_{отб(t)} + 0,0008 \cdot X_{1(t)}^2 - 137; \end{aligned} \quad (6)$$

$R = 0,85$; $\sigma = 1,8 \text{ м}^3/\text{с}$.

Все члены уравнений (3–6) измеряются в среднегодовых расходах воды ($\text{куб. м}/\text{с}$).

Была произведена оценка достоверности прогнозов, рассчитанных по предложенным регрессионным уравнениям. Расчетные

уравнения получены на независимой выборке данных. Точность расчетов оценивалась на проверочной выборке.

Для оценки оправдываемости прогнозов использована номограмма, предложенная Г.В.Груза и Э.Я.Раньковой (1983 г.), которая позволяет легко определить оправдываемость P (%) прогноза осуществления предиктанта (\hat{Y}) в интервале $\hat{Y} \pm \Delta Y$ при заданном законе распределения (ΔY – допустимая погрешность, принятая в размере $0,674 \sigma_y$, где σ_y – стандартное отклонение предиктанта).

Оправдываемость прогнозов (P , %) величин коллекторно-дренажного стока, рассчитанных по регрессионной модели (2), составляет для: Ферганской впадины – 82 %; Голодной степи – 87 %; Дальверзинской степи – 74 %; ЧАССР – 87 %. Оправдываемость прогнозов величин руслового выклинивания (уравнения 3-С) составляет: Верховья р.Нарын – 86 %; Ферганская впадина – 70 %; Среднее течение – 74 %; ЧАССР – 70 %.

Для проверки истинности теоретических положений и подтверждения достоверности расчетов русловой приточности автор принял непосредственное участие в работе комплексной экспедиции САХИРИ в 1983–1984 гг., которая в соответствии с распоряжением Минводхоза СССР от 24.12.81 г. № 6/7-05-497 провела работы по теме "Производственные исследования речного стока в низьях р.Нарын". Исследования экспедиции с IV.1983 по III.1984 гг. показали, что на участке Токтогул-Учкурган имеется общая приточность 530 млн. куб.м, в том числе 197 млн.куб.м – русловая составляющая.

Расчетная величина руслового выклинивания на независимой выборке данных по нашей методике составляет для этого же периода 189,8 млн.куб.м. Как видно, расхождение между натурной и расчетной величинами руслового выклинивания находится в пределах стандартного отклонения модели (3).

В процессе опытной эксплуатации задач подсистемы "Водные ресурсы" АСУБ Сырдарьи в 1988 г. автором было проведено сопоставление прогнозных величин боковой приточности, рассчитанных по предложенной методике на независимой выборке данных и официальных прогнозов Госкомгидромета УзССР с фактическими за вегетационные периоды 1985–87 гг. Результаты сопоставления приведены на рис.2. Как видно из рис.2, достоверность прогноза автора не уступает достоверности официальных прогнозов Госкомгидро-

мета. Преимущество предложенной методики заключается в большей заблаговременности прогнозов.

II. Метод оценки сокращения поверхностного стока при эксплуатации подземных вод, связанных с речными водами

Как показано в работе, уравнения (3-6) позволяют не только оценивать величину руслового выклинивания при любой комбинации чередования лет по водности, но и определять величину сокращения поверхностных вод при откачке подземных. Величина сокращения вычисляется путем сопоставления величин руслового выклинивания при нулевом и фактическом отборе подземных вод для конкретного года. Предлагаемый метод удобен тем, что отражает суммарное влияние хозяйственной деятельности на речной сток и связанный с ним подземный.

Расчеты показывают, что наиболее сильное сокращение поверхностных вод при отборе подземных происходит в многоводный год, следующий за маловодным. В современных условиях максимальное сокращение составляет: для Берганской впадины - 65 %, для ЧАЭСРА - 56 %, для Среднего течения - 45 % от величины отбора подземных вод.

В табл.2 приведена сопоставительная оценка сокращения поверхностного стока по расчетам института "Средазгипроводхлопок" и автора. Из приведенных данных видно, что недоучет фактора водности лет в расчетах института "Средазгипроводхлопок" приводит к завышению величины сокращения в средние и маловодные годы соответственно на 7 и 12 % от величины отбора подземных вод.

III. Основные и локальные принципы управления боковой приточностью при водохозяйственном планировании АСУБ

В условиях нарастающего дефицита в бассейне р.Сырдарьи в перспективе будет снижаться водобеспеченность орошаемого земледелия, поскольку приоритет в требованиях на воду будет у питьевого, коммунального и промышленного водоснабжения. Для достижения минимального народнохозяйственного ущерба при снижении

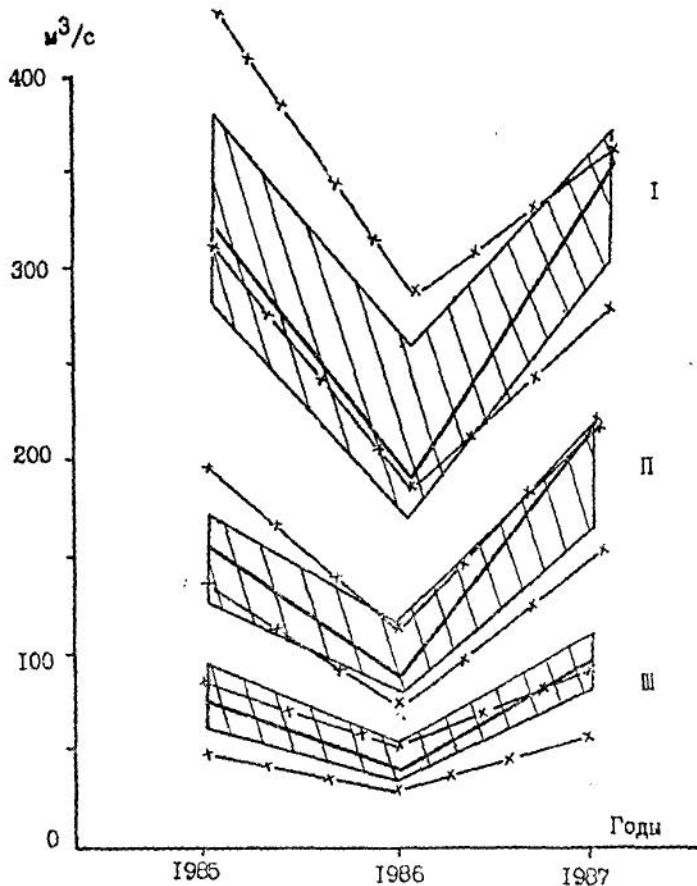





Рис. 2. Сопоставление прогнозных и фактических средних расходов боковой приточности за вегетационные периоды 1985, 1986, 1987 годов для участков:

I. от Андижанского вдхр. и Учкургана до Кайраккумского вдхр.;
 II. от Кайраккумского до Чардаринского вдхр.
 III. от Чарвакского вдхр. до устья р. Чирчик.

Доверительные границы прогноза 0.6746: УГКС 
 автора 
 факт. (УГКС) 

водобеспеченности орошения необходима рациональная стратегия управления водными ресурсами бассейна.

При распределении располагаемых водных ресурсов между водопотребителями необходимо учитывать возможность повторного использования для орошения коллекторно-дренажных и сточных вод в объеме, который ограничен качеством этих вод. В перспективе в результате реконструкции мелиоративных систем и достижения оптимального мелиоративного режима в водоохлпственных районах бассейна р.Сырдарья количество коллекторно-дренажных вод существенно сократится. Однако при росте промышленного производства и развитии канализации возрастет сброс сточных вод от промкомбита, что позволит объему суммарных располагаемых к использованию вод оставаться в ближайшие 25 лет на достаточно стабильном уровне.

При практически полном использовании стока реки и значительной части возвратных вод выносимые ими соли будут накапливаться на полях орошения и в местах выливания дренажных вод. При этом, если в Ферганской впадине и ЧАМЛПе будет наблюдаться некоторое рассоление земель за счет мелиорации, то в среднем течении 3,5...5 млн тонн солей необходимо отводить за пределы деятельности территории - в Арнасайское понижение (2-3,5 куб. км/год).

В работе указано на необходимость предусмотреть отведение некоторого объема возвратных вод в Аральское море - во исполнение постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР № IIIО от 19 сентября 1988 г. "О мерах по коренному улучшению экологической и санитарной обстановки в районе Аральского моря...". Отводить в Арал рекомендуется высокоминерализованные возвратные воды, которые невозможно использовать внутри орошаемого контура и которые нецелесообразно отводить во внутренние понижения (1,3 куб. км/год). Исходя из этого, необходимо ограничить сброс в реку сточных вод от промкомбита и от ирригации. За уровнем 2000 года в реку рекомендуется отводить 3,5...4,0 куб. км/год возвратных вод.

Наиболее перспективной технологией использования коллекторно-дренажных вод является создание внутри- или межсистемных регулирующих и аккумулирующих емкостей, куда будут сбрасываться дренажные воды, а также неизбежные организационные сбросы из оросительной сети. Сооружение таких емкостей не только увеличит располагаемые водные ресурсы, но в сочетании с АСУ водораспределением позволит в перспективе уменьшить организационные потери ориентировочно до 2% от годового водозабора в систему.

Т а б л и ц а 2

Сопоставительная оценка сокращения поверхностного стока от эксплуатации подземных вод в бассейне р.Сырдарьи по данным института^{*)} и автора (среднегодовые расходы воды, куб.м/с)

Водохозяйственный район	:Отбор под- : Сокращение : Сокращение поверхностного стока по расчетам автора				
	:земных вод : поверхност-:	: в размере : ного стока :	Многоводный год :	Средний год :	Маловодный год :
	:восполняемых : по схеме :	: $P_t = 10\%$:	: $P_t = 57\%$:	: $P_t = 97\%$:	
	: запасов : КИОВР ^{ж)} :	: $P_{t-1} = 90\%$:	: $P_{t-1} = 57\%$:	: $P_{t-1} = 17\%$:	
Берганская впадина	373	294	295	263	248
ЧАКИР	136	87	92	82	71
Среднее течение	54	28	26	22	20
Всего по Чардаринского водохранилища	563	409	413	357	339

*1) Уточнение схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р.Сырдарьи - "Средаагипроводхлопок", 1979 г., том 2, кн.2.

При водохозяйственном планировании необходимо также помнить о том, что при отборе подземных вод, связанных с речным стоком, сокращается величина руслового выклинивания. Поэтому в плановых водохозяйственных балансах величину этого сокращения необходимо учитывать.

Как было показано (табл.2), принятие недостоверного объема располагаемых к использованию ресурсов (в сторону занижения) приводит к занижению продуктивности орошаемых земель. Таким образом, социально-экономическая эффективность орошаемого земледелия, рассчитанная по величине располагаемых водных ресурсов, принятых по данным института "Средазгипроводхлопок", будет соответствующим образом занижена.

Для определения величины этого занижения в работе произведен сопоставительный расчет социально-экономического эффекта орошаемого земледелия по методике В.А.Духовного, разработанной специально для целей АСУБ Сырдарьи (табл.3).

Т а б л и ц а 3

Расчет экономической эффективности учета величины сокращения поверхностного стока при отборе подземных вод в бассейне р.Сырдарьи

Показатели и единицы измерения :	Формулы и обозначения :	Величина
Фактическая валовая продукция растениеводства, млн руб.	B	3070
Фактическая орошаемая площадь, тыс.га	F	2402
Продуктивность орошаемого гектара, руб/га	Π_{ϕ}	1275
Объем водозабора на орошение, куб км/год	W	22,8
Занижение величины сокращения поверхностного стока при отборе подземных вод (50% обеспеченность стока), куб км	ΔW	1,32
Новая (расчетная) продуктивность, руб/га	$\Pi_p = \Pi_{\phi} / (1 - \frac{\Delta W}{W})^{\frac{1}{2}}$	1377
Прирост продуктивности, руб/га	$\Delta \Pi = \Pi_p - \Pi_{\phi}$	102
Рост объема валовой продукции, млн. руб.	$\Delta B = F \cdot \Delta \Pi$	244,8

Продолжение табл.3

Показатели и единицы измерения	Формулы и обозначения	Величина
Коэффициент роста валовой продукции	$K = (B + \Delta B) / B$	1,08
Прирост годового национального дохода от прироста с/х продукции, млн.руб.	$\Delta = 1,659 + 1,19 \ln K$	1,750
Долевой эффект (I) %; тыс.руб.		175

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Проведенное исследование дает основание для следующих выводов и предложений:

1. Гидрологические и водохозяйственные особенности бассейна р.Сырдарья определяют структуру боковой приточности, согласно которой последняя складывается из устьевых сбросов боковых притоков, коллекторно-дренажного стока и подземной (руслевой) составляющей. В каждом водохозяйственном районе бассейна доля той или иной составляющей в сумме боковой приточности различна.

В результате хозяйственной деятельности практически полностью сократился устьевой сток боковых рек, значительно возросла доля коллекторно-дренажных вод и руслового выклинивания.

2. На величину коллекторно-дренажного стока основное влияние оказывает величина водозабора на орошение. Между водозабором и сформированным им коллекторно-дренажным стоком существует определенная сдвигка во времени, которая обусловлена геоморфологией, гидрогеологическими условиями и строением гидротрафической сети конкретного водохозяйственного района. Впервые получены численные значения этой сдвигки для четырех водохозяйственных районов бассейна р.Сырдарья.

3. Величина руслового выклинивания зависит от ряда факторов естественного и антропогенного характера, основными из которых являются поверхностный приток в текущем и предшествующем периодах, водозабор на орошение и отбор подземных вод. В замкнутых границах каждого водохозяйственного района русловое вы-

ливание является связующим звеном между поверхностными и подземными водами.

4. Многофакторные регрессионные модели коллекторно-дренажного стока и руслового выклинивания с удовлетворительной точностью прогнозируют их значения с заблаговременностью один год. Предложенные уравнения использованы в программном обеспечении задач I очереди АСУБ Сырдарьи.

5. Предлагается оценивать величину сокращения поверхностного стока при эксплуатации подземных вод в масштабах водохозяйственных районов бассейна через величину сокращения руслового выклинивания. Максимальное сокращение поверхностного стока при отборе подземных вод происходит в многоводные годы (с экстремумом в многоводный год, которому предшествовал маловодный период).

6. Максимальное использование эксплуатационных запасов подземных вод целесообразнее в маловодные годы. При этом экономический ущерб будет меньшим, если свести к минимуму отбор из неувержденных запасов подземных вод. В многоводные годы эксплуатацию подземных вод необходимо довести до минимума. Причем для орошения подземные воды вообще не откачивать, сохраняя их для маловодных лет.

7. Использование предложенной методики с учетом качества воды позволит в перспективе более рационально управлять боковой приточностью для достижения минимального народнохозяйственного ущерба от снижения водообеспеченности орошаемого земледелия в условиях нарастающего дефицита воды.

8. Практическая реализация разработок диссертации в ходе создания и эксплуатации АСУБ Сырдарьи подтверждает их эффективность, а также перспективность выбранного автором направления исследований.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Духовный В.А., Прохоренко Н.И., Соколов В.И. Возвратный сток в бассейне р.Сырдарьи // Гидротехника и мелиорация, 1983, № 3. - с.76-79.

2. Духовный В.А., Прохоренко Н.И., Соколов В.И. Взаимосвязь подземных и поверхностных вод Средней Азии в условиях их использования // Состояние и перспективы использования подземных вод для орошения / М.: Наука, 1988. - с.160-164.

3. Мягков С.В., Соколов В.И. Особенности формирования дренажно-сбросных вод и методика их прогнозирования в бассейне р.Сырдарьи. - Тр.САНИИРИ, 1986. - с.114-123.

4. Прохоренко Н.И., Соколов В.И. Об особенностях определения водных ресурсов в бассейне р.Сырдарьи // Сб.научн.тр.ин-та "Средазгипроводхлопок". - Ташкент, 1985. - с.55-61.

5. Рекомендации по методике расчета объема коллекторно-дренажного стока на предстоящий год / Соколов В.И., Мягков С.В. // Утверждены Минводхозом УзССР 16 апреля 1990 г. - 19 с.

6. Соколов В.И. Прогнозная оценка подруслового стока в бассейне р.Сырдарьи (на примере Ферганской долины) // Изв.АН УзССР. - сер.техн.наук. - 1985, № 2. - с.43-45.

7. Соколов В.И. К прогнозу боковой приточности для целей АСУБ - Сырдарья // Тез.докл.Всесоюзн.научн.-техн.совещания. Минск, 1986. - с.135.

8. Соколов В.И. Особенности формирования боковой приточности в бассейне р.Сырдарьи // Тез.докл.Всесоюзн.конф.ИВП АН СССР. Москва, 1986. - с.30-32.

9. Соколов В.И. К вопросу обоснования эффективности подсистемы "Водные ресурсы" АСУБ Сырдарьи. - Тр.САНИИРИ, 1987, - с.9-14.

В. Соколов -